

Antti Juopperi

**VALESOKKELIN KORJAUSTUOTTEEN PURISTUSLUJUUDEN  
TESTAUS JA KIINNITYSTAVAN TARKASTELU**

# **VALESOKKELIN KORJAUSTUOTTEEN PURISTUSLUJUUDEN TESTAUS JA KIINNITYSTAVAN TARKASTELU**

Antti Juopperi  
Insinöörityö  
Kevät2014  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Rakennustekniikan koulutusohjelma, talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Antti Juopperi

Opinnäytetyön nimi: Valesokkelin korjaustuotteen puristuslujuuden testaus ja kiinnitystavan tarkastelu

Työn ohjaaja: Pekka Kilpinen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014 Sivumäärä: 30 + 11 liitettä

---

Valesokkeli on yleisesti 1960-80 luvuilla käytetty perustusratkaisu, joka sisältää monia riskejä puurakenteisen seinän alaosan kosteusvaurioitumiseen. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja kehittää uutta korjausrakentamisen markkinoille suunnattua tuotetta, jonka pääasiallinen käyttötarkoitus on seinien kosteusvaurioituneiden alaosien korjaaminen. Työn tilaajana oli Takotek Oy ja tuotteen työnimi on Terpa-palkki.

Työ toteutettiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä osiossa selvitettiin tuotteen kiinnitystapaa, ja toisessa osiossa suoritettiin lujuuskokeita Oulun ammattikorkeakoulun laboratoriossa. Koekappaleita kuormitettiin Dartec Ltd:n valmistamalla yleisaineenkoetuslaitteella, joka mittaa painumaa puristusvoiman kasvaessa.

Tuloksena saatiin hankittua tietoa tuotteen kehittämiseksi tuotantokelpoiseksi. Terpa-palkki kestää hyvin sille asetetut kuormitusvaatimukset, ja sitä voidaan käyttää pientalojen kantavana rakenteena.

---

Asiasanat: kuntotutkimus, korjausrakentaminen, valesokkeli

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme of Civil Engineering, option of Housebuilding

---

Author: Antti Juopperi

Title of thesis: Testing of Compression Qualities and Fastening Designing of Repairproduct for Moisture Damaged Bottomparts of Wooden Framed Wall

Supervisor: Pekka Kilpinen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2014

Pages: 30 + 11 appendices

---

The fake plinth was commonly used as a foundation solution from the 1960's to 80's, and it causes many risks for moisture damaging of the lower wooden frame. The aim of this thesis is to research and develop a new product designed for this kind of case by replacing the rotten wooden frame with a moisture safe product. The subscriber for this work was Takotek Ltd and the work title of the product is Terpa-beam.

The work was carried out in two stages. In the first stage the fastening of the product was designed. In the second stage some compression tests were made to determine the durability of the product. The prototypes were pressed with a test machine manufactured by Dartec Ltd. The machine measures the descending while increasing the compression force.

As a result information about how to develop the product closer to production readiness was gathered. Terpa-beam handles well the compression requirements and it can be used as a bearing structure in single family houses.

---

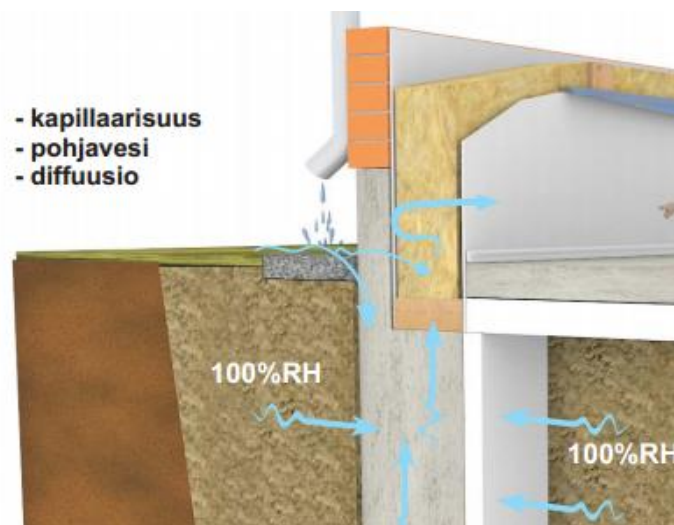
Keywords: Condition syrvey, reconstruction, fake plinth

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
1 JOHDANTO	6
2 TIETOPERUSTA	8
3 TERPA-PALKKI VALESOKKELIRAKENTEESSA	9
3.1 Terpa-palkki	9
3.2 Valesokkelirakenne	10
3.3 Terpa-palkilla korjattu rakenne	11
3.4 Palkkiin kohdistuvat kuormitukset	13
3.4.1 Pystysuuntaiset kuormat	13
3.4.2 Vaakasuuntaiset kuormat	14
4 TERPA-PALKIN KIINNITYKSEN SUUNNITTELU	15
4.1 Kiinnitystapa	15
4.2 Kiinnitysvälineet ja materiaalit	17
4.2.1 Hilti HKD -lyöntiankkuri	17
5 TERPA-PALKIN TESTAAMINEN	18
5.1 Testaamisen taustatiedot	18
5.2 Puristuskoe	18
5.2.1 Tutkimusvälineet ja –menetelmät	18
5.2.2 Tutkimustulosten virheen arviointi	20
5.2.3 Puristuskokeiden tutkimustulokset	20
5.2.4 Lisäkokeiden tutkimusvälineet ja -menetelmät	23
5.2.5 Lisäkokeiden tutkimustulokset	24
6 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	31
LIITTEET	32

# 1 JOHDANTO

Valesokkeli on ollut yleisin perustamistapa omakoti- ja pientaloilla 1970- ja 1980-luvuilla. Rakenne katsotaan riskirakenteeksi, koska siinä seinärungon puinen alaosa on alttiina maaperän kosteudelle. Se sijoittuu lähelle maanpinnan tasoa, tai jopa sen alle. Rakenteessa ei ole yleensä toimivaa tuuletusrakoa, mistä johtuen rakenteisiin päässyt kosteus ei tuuletettu riittävän tehokkaasti pois. Talviaikaan riskinä on myös kosteuden kondensoituminen rakenteeseen. Kosteuden siirtyminen valesokkelirakenteessa on esitetty kuvassa 1. (1.)



KUVA 1. Kosteuden siirtyminen valesokkelirakenteessa (2)

Valesokkelirakenteiden määrä ei ole virallisesti tilastoitavaa tietoa. Takotek Oy on kuitenkin kysynyt asiaa kolmelta alan asiantuntijalta ja heidän arvionsa valesokkelirakenteella toteutettujen riskialttiiden kohteiden määrästä liikkuu 50 000 – 100 000 kohteen välillä. (3.)

Nykyisin käytössä olevassa korjausmenetelmässä rakenne on korjattu nostamalla sitä ylöspäin harkkojen avulla (1). Useat työvaiheet nostavat harkkomuurausmenetelmän kustannuksia, se heikentää seinän lämmöneristyskykyä ja menetelmän suorittaminen talvella jäiseen sokkeliin on vaativa ja rakennusvirheille altis toimenpide.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään Takotek Oy:n uusimpaan tuotteeseen, jonka työnimi on Terpa-palkki. Tuote on valmistettu pystyyn nostetusta kantavasta poimulevystä, ja sen ympärille valetusta polyuretaanikerroksesta. Työn tarkoituksena on testata Terpa-palkin kestävyyttä puristuskokein ja suunnitella sen kiinnitystapaa. Kantavalle poimulevylle on tehty jo aiemmin puristustestejä. Tulevissa testeissä puristuslujuuden testaamisen lisäksi tutkittavia asioita ovat poimulevyn painuminen alajuoksupuun sisään ja polyuretaanikerroksen kiinnipysyminen. Testejä tullaan tekemään Oulun ammattikorkeakoulun (Oamk) laboratoriossa.

## 2 TIETOPERUSTA

Tämä opinnäytetyö perustuu Takotek Oy:n Ympäristöministeriölle laatimaan selvitykseen ”Raportti valesokkelin korjausmenetelmän kehittamisestä ja kosteusfysikaalisen toiminnan arvioinnista” (4). Selvityksessä Takotek Oy kertoo, miten he ovat kehittäneet keksimäänsä valesokkelin korjausmenetelmää ja mitä uusia tutkimuksia sille on tehty.

Takotekin raporttiin sisältyy Terpa-palkin ensimmäisen version kosteus- ja lämpötekniinen tutkimus, jonka on tehnyt Vahanen Oy. Vahanen on todennut, että Terpa-palkilla korjatussa rakenteessa sisäpinnan lämpötilat ovat hyväksyttävällä tasolla, eikä se aiheuta kondenssia tai epäviihtyvyyttä. On myös todettu, että rakenteen U-arvo heikkenee vain vähäisesti alkuperäisestä. Raportissa ehdotetaan Terpa-palkin ylä- ja alapintaan tulevan u-profiilin reiättämistä, jotta u-arvoa saataisiin pienennettyä jopa alkuperäisen seinärakenteen u-arvoon. Takotek Oy päätti parantaa rakennetta edelleen poistamalla ylä- ja alapinnan u-teräkset kokonaan, jolloin kylmäsiltaa saatiin pienennettyä huomattavasti. Tässä opinnäytetyössä keskitytään tähän uusimpaan versioon.

Raportissa kerrotaan Takotek Oy:n Oamkin laboratoriossa tekemistä kuormitustesteistä Terpa-palkin kantavalle metallirungolle. Metallirungon on todettu kestävän alajuoksupuun alla noin 40,0 kN:n kuormituksen. Palkin rakennetta on kuitenkin muutettu edellisen kappaleen mukaisesti, ja uudelle rakenteelle täytyy tehdä kuormitustestit. Testit tullaan tekemään tässä opinnäytetyössä.

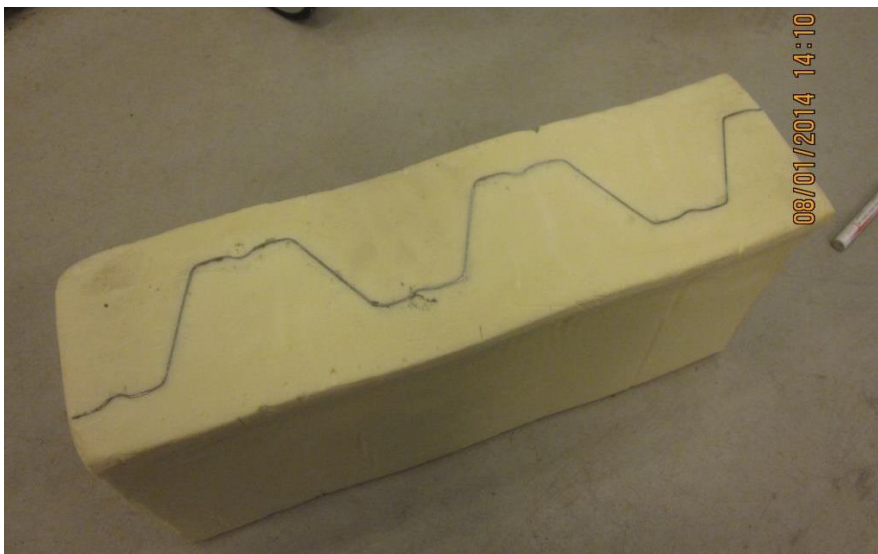


### 3 TERPA-PALKKI VALESOKKELIRAKENTEESSE

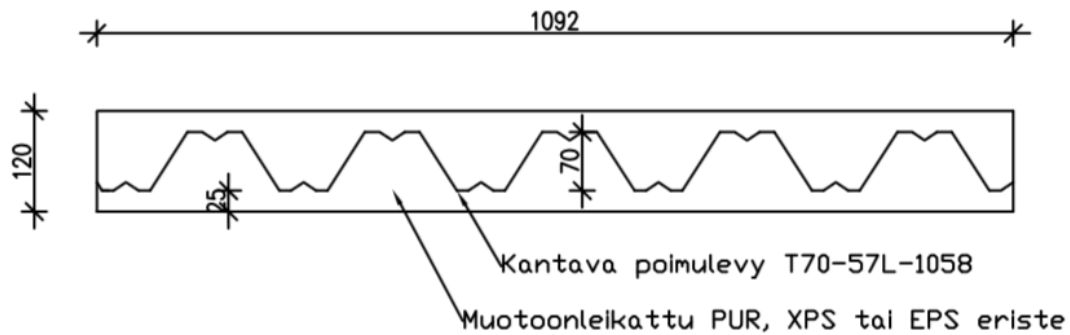
#### 3.1 Terpa-palkki

Terpa-palkki koostuu pystyyn nostetusta kantavasta poimulevystä, ja sen ympärille valetusta tai liimaamalla kiinnitetystä eristekerroksesta. Koekappaleet on valmistettu upottamalla poimulevy polyuretaanivaluun ja se on esitetty kuvassa 2. Poimulevy toimii palkin kantavana rakenteena. Koekappaleessa se on valmistettu Ruukin kuumasinkitystä teräksestä S350GD+Z ja se kulkee nimellä T70-57L-1058.

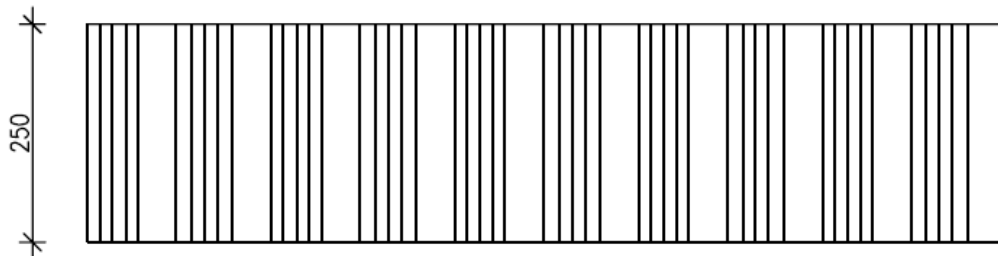
Palkin koko voi vaihdella kohteen mukaan. Kuvissa 3 ja 4 on esitetty runkokoon 125 mm:n mukaan mitoitettu palkki. Käytetyt palkit ovat noin 1,1 m pitkiä ja palkit puolitettiin 0,55 m:n pituisiksi, jotta kuormitusala saatiin vastaamaan mahdollisimman lähelle yhden runkotolpan aiheuttamaa kuormitusta.



KUVA 2. Puolitettu Terpa-palkki



KUVA 3. Terpa-palkki ylhäältäpäin kuvattuna



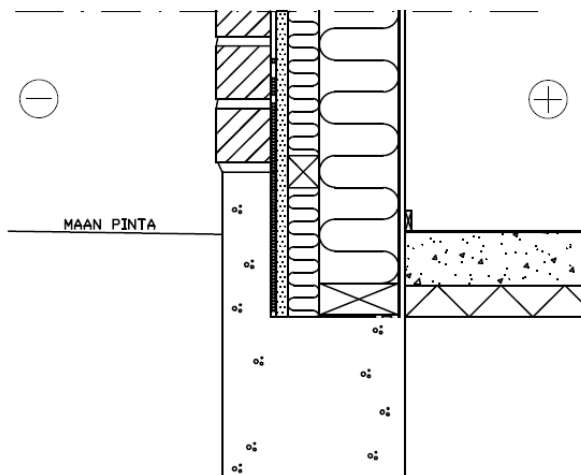
KUVA 4. Kantava poimulevy T70-57L-1058 sivultapäin kuvattuna

### 3.2 Valesokkelirakenne

Valesokkeliratkaisu alkoi yleistyä 1960-luvun lopulla. Rakenne on esitetty kuvassa 5. Se ajoittuu aikaan, jolloin arkkitehtuurissa otettiin mallia ulkomailta, ja rintamamiestaloista siirryttiin matalampiin, laatikkomaisiin, tasakattoisiin rakennuksiin. Tämä näkyi myös perusratkaisussa. Valesokkelirakenteella ulkoportaasta päästiin eroon, ja käynti sisälle oli samalla tasolla maanpinnan kanssa. Tästä syystä seinärungon alaosa on myös samalla tasolla maanpinnan kanssa ja jopa sen alapuolella. (5.)

Rakennusta ympäröivät täyttömaat ovat yleensä rakennuspaikalta ylijääneitä vettä hyvin pidättäviä maita, eikä riittäviä kallistuksia rakennuksesta poispäin ole. Vedeneristystä ja salaojitusta ei ole ollut tai ne toimivat puutteellisesti asennusvirheiden vuoksi. Kattovedet on yleensä johdettu pystyränneiltä suoraan perustusten viereen tai pahimmissa tapauksissa jopa salaojiin. (5.)

Perustusten routasuojaus on yleensä puutteellinen tai rikottu kukkaistutuksilla. Puuttuvan routaeristeen vuoksi riski sisäpuolisen kosteuden kondensoitumiseen kylmään rakenteeseen kasvaa. Rakenteen huonoa kuivumista edesauttaa se, että tiiliverhouksessa ei välttämättä ole ollenkaan tuuletusaukkoja ja tuuletusra-ko on laastipurseiden vuoksi tukossa. Valesokkelirakenne luetaan riskiraken-teeksi, ja se on altis kosteusvaurioille. (5.)

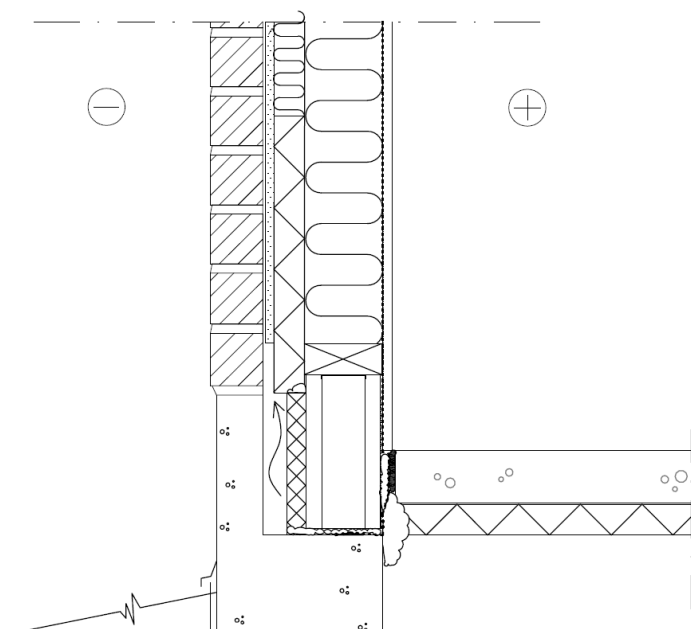


*KUVA 5. Valesokkelin rakenneleikkaus (4, liite 1)*

### **3.3 Terpa-palkilla korjattu rakenne**

Korjausmenetelmässä seinärungon puisia alaosa nostetaan ylöspäin korvaamalla ne Terpa-palkilla. Sisäpuolinen levytys, höyrynsulku ja eristemateriaalit poistetaan ikkunoiden alaosaan asti. Kosteusvaurioitunut alajuoksupuun ja runkotolppien alaosa katkaistaan sopivalta korkeudelta. Runkotolppia voi katkaista kaksi kerrallaan. Alajuoksupuun ja katkaistujen runkotolppien tilalle asennetaan Terpa-palkki ja sen päälle uusi alajuoksupuun. Tällä menetelmällä korjaustyö saadaan tehtyä turvallisesti, koska Terpa-palkissa käytetyt materiaalit ovat kosteusturvallisia (6). Materiaalit ovat heikosti vettä imeviä ja mikrobivaurioituminen niissä on vähäistä. Puuosat saadaan nostettua riittävän ylös sokkelipinnasta. Korjaustyöhön liittyy oleellisesti myös kosteuslähteen poistaminen. Perinteiseen

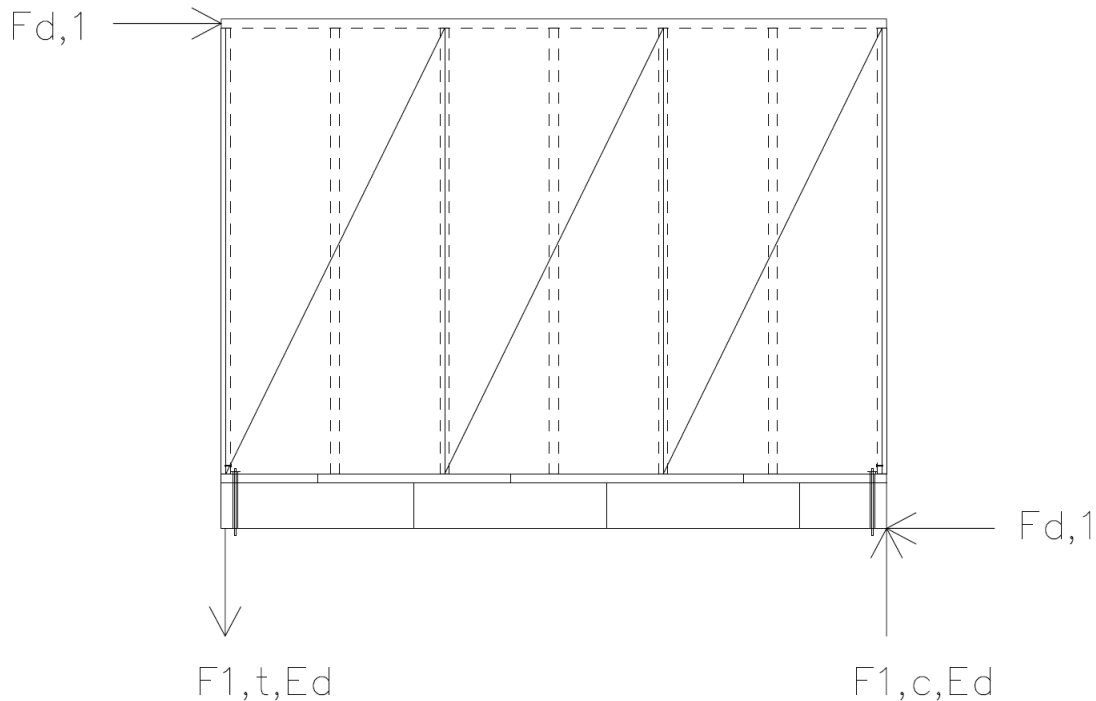
harkoilla muuraamiseen verrattuna korjausmenetelmä parantaa selvästi lämpö-  
tekniisiä arvoja. Korjattu rakenne on esitetty kuvassa 6.



*KUVA 6. Korjattu rakenne (4, liite 1)*

### 3.4 Palkkiin kohdistuvat kuormitukset

Terpa-palkkiin ja sen liitoskohtiin kohdistuu yläpuolisen rakenteen aiheuttama pystykuormitus ja tuulenpaineen aiheuttamat vaaka- ja pystykuormitukset. Jäykistettävään seinälohkoon kohdistuvat tuulen aiheuttamat kuormat on esitetty kuvassa 7 ja laskettu liitteessä 1.



KUVA 7. Tuulenpaineen aiheuttamat voimat jäykistävässä seinälohkossa, jonka alaosaan on asennettu Terpa-palkki

#### 3.4.1 Pystysuuntaiset kuormat

Tässä opinnäytetyössä Terpa-palkin pääasiallinen käyttötarkoitus on kosteusvaurioituneen seinän alaosan korjaaminen valesokkelirakenteessa. Palkin tulee kestää hyvin tavanomaisen asuintalon runkotalppien välittämät pystykuormat vesikatteesta, yläpohjasta ja seinärakenteesta. Hetkellistä pystykuormitusta aiheuttaa myös tuuli, jota merkitsee kuvassa 7 voima  $F_{d,1}$ . Tällöin kuorman ottavat vastaan tuulensuuntaiset seinät. Nämä voimat välittyvät jäykistettyjen seinälohkojen nurkkapilarien kautta, ja ne on merkitty kuvassa 7 voimalla  $F_{1,c,Ed}$ .

Tuuli aiheuttaa rakennuksen nurkkiin nostetta momenttisäännön mukaisesti. Tämä voima tulee ankkuroida perustuksiin, ja se on esitetty kuvassa 7 voimana  $F_{1,t,Ed}$ .

Nostovoimasta saa vähentää yläpuolella olevan rakenteen omapainon varmuuskertoimella 0,9 (7). Seinän ankkurointi mitoitetaan yleensä lyhyiden päätyseinien mukaan, joille aiheutuu suuremmat voimat. Tällöin yläpuolella oleva rakenne koostuu päätykolmiosta, sen päällä olevasta kattorakenteesta ja päätyseinästä. Huomion arvoista on se, että päätyseinille tuleva pystykuorma ei ole yhtä suuri kuin pitkille sivuille tuleva, sillä kattotuolit eivät tukeudu niihin.

#### **3.4.2 Vaakasuuntaiset kuormat**

Terpa-palkkiin ja sen liitoskohtiin kohdistuu tuulen aiheuttamaa vaakavoimaa, joka pyrkii liu'uttamaan rakennetta sivusuunnassa. Terpa-palkin ja sen liitoskoh-tien tulee kestää tämä voima, ja myös se tulee ankkuroida perustukseen liukumattomaksi.

## 4 TERPA-PALKIN KIINNITYKSEN SUUNNITTELU

Terpa-palkin testattava versio muodostuu kantavasta teräksisestä poimulevystä ja sen ympärille valetusta eristekerroksesta. Teräspoimulevy ja eristeet muodostavat liittorakenteen, mikä lisää rakenteen lujuutta.

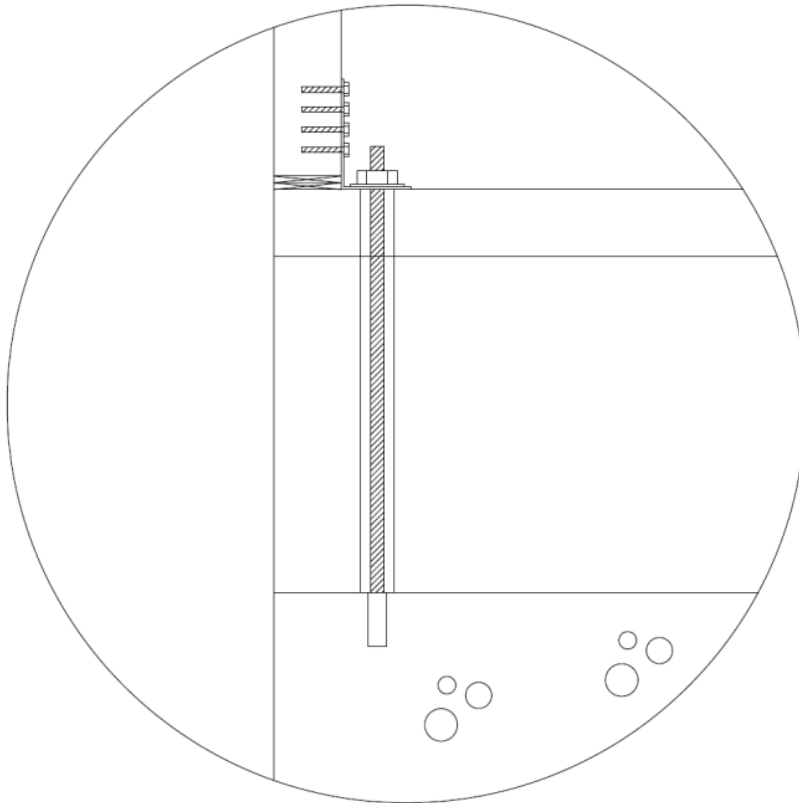
Palkin vanhemmassa versiossa palkin ylä- ja alaosassa oli palkin jäykkyyttä ja kiinnitettävyyttä parantavat u-teräkset. Vanhemmalle versiolle on teetetty Vahanen Oy:llä lämpö- ja kosteustekninen tarkastelu. Tutkimuselostuksen mukaan Terpa-palkilla korjatun rakenteen U-arvo on lähes yhtä hyvä kuin alkuperäisen valesokkelirakenteen (tarkastelukorkeudella) ja selvästi perinteistä kevytsoraharkkorakennetta parempi. Raportin mukaan rakenteen lämpö- ja kosteusteknistä toimivuutta voidaan parantaa muun muassa käyttämällä poimulevyssä ja u-profiilissa rei'itettyä terästä, jolloin voidaan periaatteessa saavuttaa alkuperäisen seinän lämmöneristävyys. (6)

Vahasen raportin tulosten perusteella tuotetta on kehitetty palkin ylä- ja alaosassa käytetyn u-teräksen poistamisella. Muutoksella on vähennetty kylmäsiltoja rakenteessa ja täten parannettu U-arvoa. Terpa-palkin kiinnitystapaa tarkasteltaessa pyritään mahdollisimman vähäisiin kylmäsiltoihin ja nopeaan asennustyöhön. Rakenne koostuu vain pystyyn nostetusta poimulevystä ja sen ympärille kiinnitettävästä tai valettavasta eristekerroksesta.

### 4.1 Kiinnitystapa

Terpa-palkin ja sen yläpuolella olevan jäykistetyin seinän ankkurointi perustuksiin kannattaa tehdä yhtenä asennuksena. Soveltuvaksi menetelmäksi tähän on todettu kiinnitys kierretangolla. Alajuoksupuun ja Terpa-palkin läpi porataan reikä perustukseen, johon asennetaan lyöntiankkuri. Lyöntiankkurista vedetään ruostumattomasta teräksestä valmistettu kierretanko palkin läpi uuden alajuoksupuun päälle. Leveän prikan ja lukkomutterin avulla kokonaisuus puristetaan tiukasti yhteen. Ennen mutterin asennusta asennusreikä Terpa-palkin sisällä täytetään uretaanivaahdolla.

Ankkurit tulee sijoittaa jokaisen jäykistetyin seinälohkon nurkkiin ottamaan vastaan tuulen aiheuttama nostovoima. Voima siirretään ankkurilta kierretangon kautta pystytolpalle kulmaraudan avulla. Ennen kulmaraudan kiinnittämistä pystytolppaan runkotolpan ja alajuoksupuun väliin jäävä väli täytetään tarkoitukseen soveltuvilla vanerilapuilla ja/tai puukiiloilla. Detalji kiinnityksestä on esitetty kuvassa 8.



*KUVA 8. Terpa-palkin ankkurointi betoniin*

Seinälohkojen nurkkiin sijoitettavien ankkureiden väliin jäävät ”vapaat” Terpa-palkit voidaan kiinnittää sokkeliin ja alajuoksupuuhun esimerkiksi käyttäen jotain markkinoilla olevaa liimavaahtoa. Palkin ja ympäröivien rakenteiden välien tiivistämisessä kannattaa käyttää polyuretaanivaahtoa. Asennustekniset seikat tarkentuvat varmasti ensimmäisen pilottikohteen jälkeen.



## 4.2 Kiinnitysvälineet ja materiaalit

Mekaanisen kiinnikkeen tulee soveltua betonipinnoille, ja sen tulee kestää kaikki siihen kohdistuvat kuormitukset. Ankkurin tulee olla korroosionkestävä, joten materiaalin täytyy olla haponkestävä tai ruostumaton mutta kuumasinkittykin käy, mikäli ankkuri ei joudu kosketukseen kestopuun kanssa. (8.)

Vanhojen pientalojen sokkelin kunto vaihtelee ja ankkuri pitäisi saada kiinnitettyä lujaan betoniin. Aina tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, koska betonin todellinen kunto saattaa selvitä vasta asennusvaiheessa. Tästä syystä ankkurin koko valitaan riittävän suureksi, ja tarvittaessa kiinnitysvälejä pienennetään.

### 4.2.1 Hilti HKD -lyöntiankkuri

Hilti HKD -lyöntiankkuri soveltuu keskiraskaisiin asennuksiin kuusiopultilla tai kierretangolla asennettaessa (9).

Jos käytetään Hiltin HKD M12x50 lyöntiankkuria, on sen sallittu leikkauskuormitus tuote-esitteen mukaan 10,5 kN (9). Asennettaessa lyöntiankkuri jokaisen seinälohkon molempiin päihin on vaakavoiman ankkurointikapasiteetti  $2 \times 10,5 \text{ kN} = 21 \text{ kN}$ . Liitteen 1 mukaisen esimerkkilaskelman seinän isoimpaan lohkoon kohdistui 10,14 kN vaakavoima. Kaksi HKD M10x40 lyöntiankkuria riittää välittämään leikkausvoiman  $10,14 \text{ kN} < 21 \text{ kN}$  (207 %).

Tuulen aiheuttama nostovoima reunatolpilla on liitteen 1 laskelman mukaan murtorajatilassa 7,0 kN, kun omanpainon vaikutus on vähennetty. HKD M12x50 lyöntiankkurin sallittu vetokuormitus on 8,5 kN. Tämä on riittävä reunatolpan ankkurointiin esimerkkitapauksessa. Ankkurin koko ja sijoitukset tulee suunnitella kuitenkin aina korjattavan kohteen mukaan.

## **5 TERPA-PALKIN TESTAAMINEN**

### **5.1 Testaamisen taustatiedot**

Terpa-palkissa käytettävälle teräksiselle poimulevyllä oli tehty Takotek Oy:n toimesta jo aiemmin kuormitustestejä, joissa sen todettiin kestävän hyvin vaaditut kuormitukset. Aiemmassa tutkimuksessa huomattiin tosin, että ohut poimulevy aiheuttaa sen päällä olevaan kuormaa jakavaan materiaaliin kovaa painetta, ja päällä olleeseen teräslevyyn tuli muodonmuutoksia. (4.)

Palkin rakennetta on muutettu, ja varsinaiseksi mitoittavaksi tekijäksi tutkimuksessa oletettiin poimulevyn painuminen palkin päällä olevan alajuoksupuun sisään. Toinen mahdollisuus oli eristemateriaalin ratkeaminen poimulevystä irti.

### **5.2 Puristuskoee**

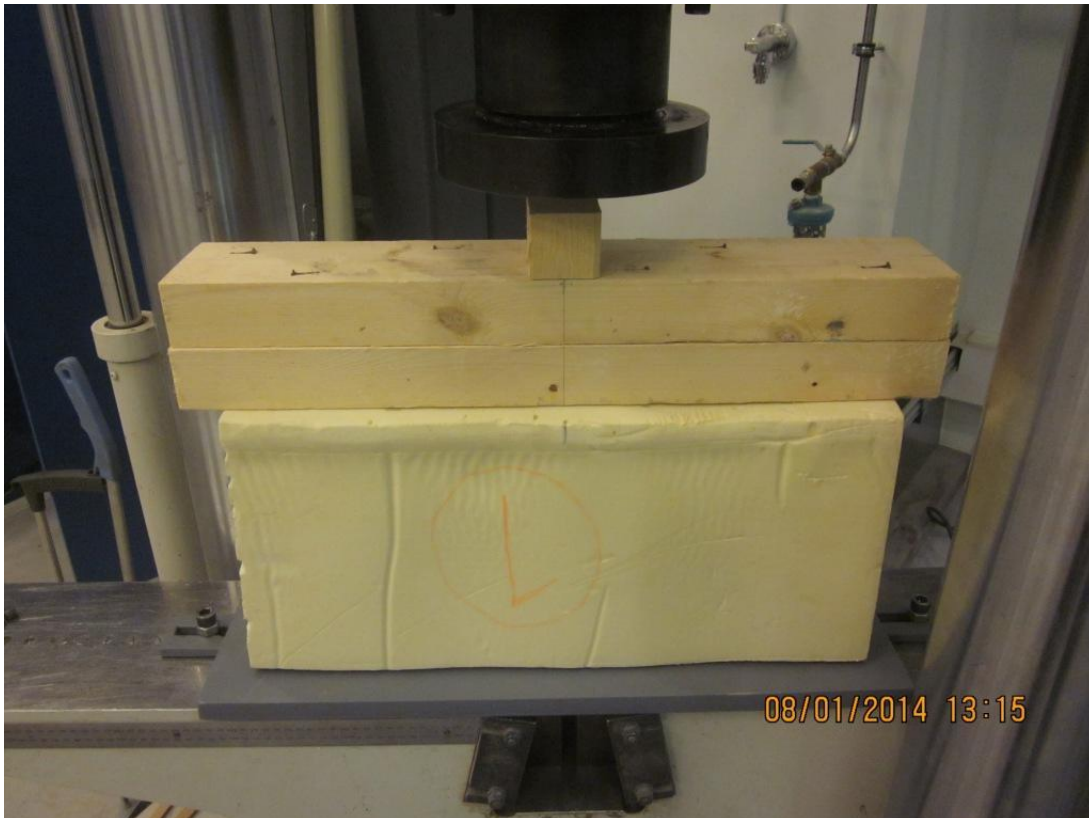
Tutkimustyötä varten testattavana oli kaksi Terpa-palkin prototyyppiä. Ne oli valmistettu upottamalla teräspoimulevy palkin muotoiseen sulaan polyuretaanimassaan. Yhden palkin pituus oli noin 1,1 m.

Kokeessa haluttiin simuloida tilannetta, joka kohdistuu yhden runkotolpan alapuolelle, kun kuormitusvoima on 30 kN ja tolppajako 600 mm. Voima oli ajateltu yläkanttiin, sillä normaalisti tavanomaisessa pientalossa runkotolpalle kohdistuva kuormitus varmuuskertoimien kanssa on noin 20 kN. Palkit puolitettiin poimulevyn puolesta välistä, jolloin kantavan poimulevyn leveydeksi jäi noin 530 mm. Tämä on hieman vähemmän kuin runkotolppaväli 600 mm, mutta tutkimustulos on varmemmalla puolella, kun kuormitus jakaantuu pienemmälle alueelle.

#### **5.2.1 Tutkimusvälineet ja –menetelmät**

Palkit testattiin Dartec Ltd:n valmistamalla yleisaineenkoetuslaitteella. Laitteistoon kuuluu M100/RF servohydraulinen kuormituskehä, mikrotietokone ja hydraulinen pumppuyksikkö. Laitteisto on tarkoitettu betonin, puun ja muun vastaavan materiaalin lujuuden ja muodonmuutosominaisuuksien testaamiseen. Laite

on kalibroitu kuormitusvälille 10 kN – 400 kN 1 %:n tarkkuudella. Laitteen alaosaan asennettiin teräksinen pohjalevy, jonka päälle koekappaleet asetettiin. Yläosassa puristuspintana oli 200 mm halkaisijaltaan oleva teräsmäntä. Teräspalkin ja teräslautasen väliin asetettiin alajuoksupuu ja noin 50 mm korkea runkotolpan palanen jakamaan pistemäistä kuormitusta. Koetilanne on esitetty kuvassa 9.



*KUVA 9. Puristuskokeiden koetilanne*

Testissä käytettyjen koekappaleiden mitat olivat seuraavat:

- 1: pituus 540 mm, korkeus 245 mm, leveys 150 mm
- 2: pituus 545 mm, korkeus 245 mm, leveys 150 mm
- 3: pituus 530 mm, korkeus 245 mm, leveys 150 mm
- 4: pituus 560 mm, korkeus 245 mm, leveys 150 mm

Palkkien sisässä olevan poimulevyn leveys oli 70 mm ja pituus 1058 mm. Kovassa kuormituksessa alajuoksupuun tiedettiin joustavan, kun sen keskelle kohdistetaan pistemäinen kuorma. Tämä heikentää tasaisen kuormituksen välitymistä Terpa-palkille. Alajuoksupuun taipumista pyrittiin vähentämään naulamalla niitä 2 kappaletta päällekkäin. Tämä vastaa paremmin oikeaa tilannetta, jossa usea runkotolppa jakaa kuormitusta tasaisemmin perustuksille. Yhden lankun koko oli 100 mm x 50 mm.

### **5.2.2 Tutkimustulosten virheen arviointi**

Tutkimustuloksissa mitattu painuma tarkoittaa koetuslaitteen tunkin liikettä. Painumaan vaikuttaa materiaalien muodonmuutosten lisäksi myös tunkin muodonmuutokset. Tuloksista ei pysty tarkkaan päättämään esimerkiksi Terpa-palkin painumaa painumien ollessa niin pieniä, mutta poimulevyn painuminen alajuoksupuuhun voidaan mitata jälkikäteen puuhun jäävästä urasta. Koneesta saatu arvo tulee ottaa suuntaa antavana, ja useampi materiaalikerroks välissä nostaa sen lukuarvoa.

Lisäkokeista saadut tulokset ovat hieman pienempiä johtuen koemenetelmän muuttamisesta. Menettelyssä tarpeetonta painumaa pyrittiin vähentämään yksinkertaistamalla tilannetta. Koetuslaitteen ja materiaalien alun asettumista pyrittiin vähentämään myös asettamalla alkupuristusta 0,5 kN.

Virhettä tuloksiin voi tuoda myös käytettyjen alajuoksupuiden rakenteellinen kosteuspitoisuus, sillä kuiva puu on kovempaa kuin kostea. Puumateriaalia oli säilytetty avoimessa katetussa varastohallissa koepäivien sijoittuessa tammi- ja helmikuulle. Kosteutta ei mitattu erikseen, sillä sen vaikutuksen oletettiin olevan pieni.

### **5.2.3 Puristuskokeiden tutkimustulokset**

Puristustestit suoritettiin Oulun ammattikorkeakoulun rakennetekniikan laboratoriossa. Koekappaleen päälle asetettiin jäykistetty alajuoksupuu ja runkotolpan palanen. Kuormitusnopeutena käytettiin 0,2 kN/s ja kuormitusta jatkettiin 30 kN

asti, jonka jälkeen kuormitus poistettiin. Tutkimustulokset ovat seuraavassa taulukossa 1.

*TAULUKKO 1. Ensimmäisten puristuskokeiden tulokset*

Koe	Koekappale	Ajonopeus (kN/s)	Maksimikuormitus (kN)	Painuma (mm)
1	1	0,2	30	11
2	2	0,2	30	11
3	3	0,2	30	7
4	4	0,2	30	12
1B	1	0,2	92	30

Koekappaleet kestivät hyvin niille asetetun kuormituksen 30 kN. Neljän koekappaleen painumat olivat 11, 11, 7 ja 12 mm. Painuma aiheutui koekappaleiden kierouden aiheuttamasta suoristumisesta, alajuoksupuun painumisesta peltiprofiiliin ja runkotolpan palasen painumisesta alajuoksupuuhun. Kuormitus oli niin kova, että alajuoksupuun pintapaine petti ja runkotolpan palanen painui noin 1 millimetrin sen sisään kaikissa kokeissa. Alajuoksupuun alapintaan painui peltiprofiilin kuvio, josta mitattiin painumaksi keskeltä 1,5 mm ja reunasta 1 mm. Alajuoksupuu taipui siis jäykistämisestä huolimatta, ja keskiosalla painuma oli hieman suurempi.

Liitteenä löytyviä koetuloksia tarkastellessa huomaa, että ensimmäisen 1 kN:n aikana tapahtuu suhteellisesti suurin painuma. Tänä aikana koetuslaitteeseen jääneet väljyydet ja koekappaleiden mahdolliset muotovirheet suoristuvat ja alajuoksupuu ottaa kunnolla kiinni Terpa-palkkiin. Testeissä 1 ja 4 on havaittavissa, että ensimmäisen 1 kN:n aikana tapahtuu jo 4 mm:n painuma. Tuloksia vertaillen koekappaleiden väljyydet ja muotovirheet vääristävät tulosta, ja niiden vaikutus voidaan poistaa kokonaispainumasta. Kokeessa 2 ja 3 voidaan kummastakin tuloksesta poistaa vastaavasti 1 mm. Näin ollen paremmin todellisuutta vastaavat kokonaispainumat ovat 7, 10, 6 ja 8 mm.

Koekappaleessa 2 testattiin poimulevyn muodonmuutosherkkyyttä. Ennen puristusta sen korkeudeksi mitattiin työntömitalla 250,3 mm ja testin jälkeen samasta kohdasta 250,25 mm. Palkissa 2 havaittiin myös hieman kieroutta, kun

palkin ja alajuoksupuun väliin jäi pieni rako. Rako umpeutui, kun kuormitusta oli jatkettu 4 kN:iin asti.

Koekappaleen 3 hieman pienempi painuma selittyy todennäköisesti erilaisella alajuoksupuulla, joka poikkesi hieman muista kolmesta. Kyseinen puu oli valmiina, kolme muuta ostettiin ennen koetta. Palkki oli hieman kovera puristuksen alussa, mutta koveruus poistui, kun kuormitusta oli 4-5 kN.

Koekappaleessa 4 poimulevy oli hieman vinosti polyuretaaniin nähden, mutta sillä ei ollut käytännön merkitystä. Alajuoksupuu asetetaan joka tapauksessa suoraan poimulevyn päälle. Ensimmäinen ajo katosi tietokoneelta ja koe jouduttiin uusimaan. Tulos on toisesta ajosta.

Viides koe tehtiin uudestaan koekappaleella 1 (Koe 1B liitteenä). Tässä kokeessa kuormitus vietiin murtoon asti. Alajuoksupuuna käytettiin samaa, kuin kokeessa 1. Järjestelyä muutettiin siten, että runkotolpan palanen poistettiin männän ja alajuoksupuun välistä, jotta saatiin aikaan laajempi puristus. Runkotolppa olisi hyvin äkkiä halkaissut alajuoksupuun, sillä se lähti painumaan jo 30 kN:n kuormituksessa. Kokeen aikana alajuoksupuu painui tasaisesti peltiprofiiliin. Alajuoksupuu antoi lopulta periksi sen taipuessa liikaa. Peltiprofiili taittui hieman yläpinnasta, mikä on nähtävissä kuvasta 10. Puristusta yhdistelmä kesti 92 kN:iin asti. Huomion arvoista on se, että painumat olivat selvästi pienemmät verrattuna muihin kokeisiin. Kokonaispainuma oli 6,5 mm kuormituksen ollessa 30 kN. Vasta 60 kN:n kuormituksella saavutettiin 11 mm:n painuma, mikä yleensä saavutettiin jo 30 kN:n kuormituksella käytettäessä runkotolpan palasta. 200 mm:n levyinen mäntä jakaa voimaa tasaisemmin, ja tämä vähentää teräksen painetta puun pintaan. Vaikutusta saattoi olla myös sillä, että käytettiin samaa alajuoksupuuta. Kokeessa 1 rikottiin jo vähän puun pintaa ja kokeessa 5 pintapuun alla oli jo hieman tiiviimpää puuta.



*KUVA 10. Terpa-palkki ja alajuoksupuu murtokokeen jälkeen*

Suoritettujen kokeiden jälkeen päätettiin tehdä lisätutkimuksia. Koska alajuoksupuun huomattiin painuvan hieman peltiprofiiliin eikä pitempiaikaisen painuman vaikutuksia voida varmuudella tietää, olisi hyvä tietää painumat myös pienemmillä kuormilla, sillä ensimmäisen testin kuormat olivat hieman ylimitoitettuja.

#### **5.2.4 Lisäkokeiden tutkimusvälineet ja -menetelmät**

Seuraavat puristustestit tehtiin 13,5 kN:n, 17,5 kN:n, 20 kN:n ja 25 kN:n kuormituksilla. Kuormitusnopeutena käytettiin 0,2 kN/s, kuormitusta pidettiin yllä noin minuutti ja kuormitus laskettiin takaisin nolnaan 0,2 kN/s nopeudella. Menettelyllä haluttiin tarkastella rakenteen palautumista. Kaikissa kokeissa käytettiin eri alajuoksupuuta ja keskityttiin painuman mittaamiseen. Ensimmäisistä kokeista poikettiin siten, että jätettiin runkopolpan palanen pois alajuoksupuun päältä, ja tasainen puristus saatiin aikaan metallisella painikkeella (kuva 11). Menettelyllä haluttiin korostaa nimenomaan alajuoksupuun painumista Terpa-palkkiin. Pai-

numista hillitsemään kokeiltiin myös käyttää korkeatiheyksisestä polyeteenistä valmistettua levyä alajuoksupuun ja Terpa-palkin välissä.



KUVA 11. Lisäkokeiden koetilanne

#### 5.2.5 Lisäkokeiden tutkimustulokset

Koe 5 tehtiin kuormalla 13,5 kN. Kokonaispainumaksi saatiin noin 8 mm. Painumakäyrästä huomattiin kuitenkin, että ensimmäiset 5 mm tapahtuivat jo alle 1 kN:n kuormituksella. Tässä vaiheessa kappaleessa olevat epätasaisuudet ta-soittuivat ja painike otti kunnolla kiinni. Tasaista kuormitusta pidettiin paikallaan noin minuutti, jonka aikana painumista oli tapahtunut 0,1 mm. Painumisen huomattiin kuitenkin hidastuvan koko ajan. Kun kuormitusta vähennettiin, oli palautuminen suhteellisen kimmoisaa, ja lopullinen painuma asettui noin 5 mm:n kohdalle. Lisäkokeiden tulokset ovat seuraavassa taulukossa 2.



## TAULUKKO 2. Lisäkokeiden tulokset

Koe	Koekappale	Ajonopeus (kN/s)	Maksimikuormitus (kN)	Painuma (mm)
5	4	0,2	13,5	8
6	4	0,2	13,5 ; 13,5 ; 17,5	7,5,3
7	4	0,2	20	4
8	4	0,2	20	7
9	4	0,2	25	7

Lisäkokeiden painumatulokset olivat 8 mm, 3 mm, 4 mm, 7 mm ja 7 mm. Parempi kuva tuloksista saadaan, mikäli vähennetään ennen 1 kN:n kuormaa tullut painuma, jolloin painumat ovat 3 mm, 2 mm, 3 mm, 2 mm ja 4 millimetriä.

Koe 6 tehtiin kuormalla 17,5 kN. Kokeessa yritettiin korjata kokeen 5 mukaista alkupainuman aiheuttamaa virhettä alkupuristuksella, joksi asetettiin noin 0,5 kN. Kuormitustilanteessa tuli teknisiä ongelmia, koska kuormitusta ei saatu nostettua 17,5 kN:iin asti, vaan kuormitus jäi edellisen testin 13,5 kN:iin kaksi kertaa. Kolmannella yrityksellä rajoitus saatiin poistettua. Kaikki kolme suoritusta tehtiin käyttäen samaa alajuoksupuuta. Kokeessa huomattiin kuitenkin painuman tasainen väheneminen jokaisen kuormituskerran jälkeen. Ensimmäisellä kerralla kuormituksen jäädessä 13,5 kN:iin, oli painuma 7 mm. Toisella kerralla kuormituksen jäädessä 13,5 kN:iin, oli painuma 5 mm. Kolmannella yrityksellä kuormitus saatiin nostettua 17,5 kN:iin, mutta painuma oli enää 3 mm. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että usean kuormituksen jälkeen puusyyt painuvat hieman kasaan ja ne muodostavat tiiviimmän kerroksen, jossa painuma on pienempää. Kun kuormitus poistettiin asteittain, jäi lopulliseksi painumaksi noin 1 mm. Tämä on nähtävissä alajuoksupuussa kuvassa 12.



*KUVA 12. Poimulevyn painuminen alajuoksupuuhun*

Koe 7 tehtiin 20 kN:n kuormalla. Kokeen 6 mukaisesti asetettiin alkupuristus 0,5 kN:iin, jonka jälkeen painuma nollattiin. Kokonaispainumaksi tuli hieman alle 4 mm, ja jäännöspainumaksi kuormituksen poistuttua jäi 1,5 mm.

Kokeessa 8 käytettiin samaa alajuoksupuuta kuin kokeessa 7 ja 20 kN:n kuormitusta, mutta Terpa-palkin ja alajuoksupuun välissä kokeiltiin kuormitusta jakavaa kerrosta, 2 mm paksua polyeteenistä valmistettua HD 300 -levyä. Kyseinen muovilevy on edullista, ja sillä on hyvät kestävyysominaisuudet. Kokeessa käytettiin 0,5 kN:n alkupuristusta, ja kokonaispainumaksi tuli 7 mm. Tästä kuitenkin yli puolet, noin 5 mm tuli ennen kuin kuormitus saavutti 1 kN, mikä kertoo sen aiheutuneen muovin muotoutumisesta Terpa-palkin päälle. Jäännöspainumaksi kuormituksen poistuttua jäi 5 mm, eli painuma palautui lähes täydellisesti, jos ajatellaan ensimmäisen 5 mm:n olleen materiaalien ”paikan hakua”. Muovilevyn jäi pieni poimulevyn aiheuttama jälki (kuva 13), mutta se ei rikkoutunut mitenkään.



*KUVA 13. Muovilevyyn painui pieni jälki*

Koe 9 tehtiin 25 kN:n kuormalla, ja siinä käytettiin 0,5 kN:n alkupuristusta. Kokonaispainumaksi tuli 7 mm ja jäännöspainumaksi 4 mm. Painuma ennen 1 kN:n kuormitusta oli 3,5 mm.

## 6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä tuotetestaus- ja kehitystyötä Takotek Oy:lle. He ovat kehittäneet uudenlaista korjaustuotetta valesokkelirakenteen korjaukseen. Tuotteen tarkoitus on parantaa korjausta nopeammalla ja energia-  
tehokkaammalla ratkaisulla vanhaan harkkokorjausmenetelmään nähden. Tuotteen työnimi on Terpa-palkki, ja se koostuu pystyyn nostetusta teräksisestä poimulevystä ja sen ympärille valetusta polyuretaanikerroksesta. Tutkittavia asioita olivat poimulevyn painuminen alajuoksupuun sisään, palkin kuormituslujuus ja polyuretaanikerroksen kestävyys kuormitustilanteessa. Myös Terpa-palkin ankkuroinnin suunnittelu kuului tähän työhön.

Tehtyjen testien perusteella Terpa-palkki kestää hyvin sille asetetut vaatimukset eikä polyuretaanikerros irronnut missään vaiheessa. Tästä voidaan päätellä polyuretaanin ja teräspoimulevyn muodostavan hyvän ja joustavan liittorakenteen. Testejä tehtiin 13,5; 17,5; 20; 25 ja 30 kN:n kuormituksilla neljällä koekappaleella. Kokeita kertyi 10 kappaletta. Kuormitusta lisättiin tasaisesti nopeudella 0,2 kN/s.

Yksi koekappale vietiin murtoon asti. Kuormitus painettiin 200 mm halkaisijaltaan olevalla männällä. Terpa-palkin ja alajuoksupuun yhdistelmää kuormitettiin 92 kN:iin asti, jonka jälkeen alajuoksupuu halkesi ja poimulevyn yläpinta taittui hieman sisäänpäin. Palkki pysyi kuitenkin kasassa eikä polyuretaanikerros irronnut. Painuma hidastui kuormitukseen nähden 30 kN:iin asti, mutta sen jälkeen painuma alkoi kasvaa.

Koekappaleessa 2 testattiin poimulevyn muodonmuutosherkkyyttä puristuksen ollessa 30 kN. Ennen puristusta sen korkeudeksi mitattiin työntömitalla 250,3 mm, ja testin jälkeen samasta kohdasta 250,25 mm. Vaikutti siis siltä, että poimulevy palautuu hyvin kuormituksesta.

Kokeessa 6 huomattiin positiivisena asiana se, että painuma pieneni joka kerta, kun samalla alajuoksupuulla tehtiin kolme kuormitusta. Ensimmäisellä kerralla

13,5 kN:n kuormalla painuma oli 7 mm, toisella kerralla 5 mm ja kolmannella kerralla 17,5 kN:n kuormalla painuma oli enää 3 mm. Tämä voi viitata puun tiivistymiseen poimulevyn kohdalla ja sen lujittumiseen.

Poimulevy upposi alajuoksupuuhun koetilanteissa 1-1,5 mm. Sitä ei voi kuitenkaan päätellä, paljonko painuma olisi esimerkiksi 30 vuoden käyttöiän jälkeen. Loppuuko painuma jossain vaiheessa puun tiivistyessä tarpeeksi? Paljonko painumista tapahtuisi ennen sitä? Oheisia seikkoja on vaikea kokeellisesti testata. Tästä syystä alajuoksupuun ja Terpa-palkin välissä kokeiltiin PE-HD 300 -muovilevyä. Kokeilu oli onnistunut, sillä painuma jäi 20 kN:n kuormituksessa vain 2 millimetriin, jos ei huomioida ensimmäisen kN:n aikana tullutta "asettumista". Kuormituksen jälkeen painuma palautui entiseen. Poimulevy ei uponnut muovilevyyn, mutta siihen jäi pieni jälki. Levyn materiaali on edullista, ja sen käyttäminen alajuoksupuun ja Terpa-palkin välissä olisi positiivista rakenteen pitkäikäisyyttä ajatellen. Sen voisi esimerkiksi liimata alajuoksupuuhun ennen asennusta. Materiaali on hieman liukasta, joten vaahtoliiman käyttö materiaali-kerrosten välissä olisi suositeltavaa.

Palkin ankkurointiin todettiin hyväksi menetelmäksi lyöntiankkurin ja kierretangon käyttö. Ankkurit sijoitetaan jäykistettyjen seinälohkojen nurkkiin ja kiinnitetään runkotolppiin kulmaraudalla.

Testeissä havaittiin suhteellisesti suuria painumia heti puristuksen alkuvaiheessa. Tässä vaiheessa kappaleiden käyryydet ja muotovirheet suoristuvat ja poimulevy ottaa alajuoksupuuhun kiinni. Tästä syystä asennustöissä alajuoksupuun pitäisi kiristää tiukkaan Terpa-palkkia vasten ennen yläpuolella olevien runkotolppien kiinnittämistä alajuoksupuuhun. Tämä edellyttää periaatteessa kierretankoankkurin asentamisen jokaisen Terpa-palkin kohdalle tai vähintään runkotolpan ja alajuoksupuun välin tiukkaa kiilaamista. Paremmin tuotteistetussa lopputuotteessa muotovirheet voidaan olettaa pienemmiksi kuin kokeissa käytetyissä prototyypeissä.

Terpa-palkille voisi olla käyttöä myös muualla kuin valesokkelin korjauksessa. Se kävisi suoraan myös tapaukseen, jossa lattiatason alapuolella oleva väliseinän alaosa on kosteusvaurioitunut. Isommassa mittakaavassa rakennetta voisi käyttää jopa kokonaisten seinien rakentamiseen. Vaakatasoon käännettäessä sitä voisi käyttää väli- ja yläpohjien rakenteena. Ikkuna-aukkojen ylittävänä palkkina sen sopivuutta voisi myös tarkastella.

Tutkimusten yhteydessä huomattiin lisätutkimuksen kohteita. Palkille tulisi tehdä kuormitustesti nurkkatolpan kohdalla siten, että kuormitus tulee palkin reunaan. Reunassa palkin nurjahdusominaisuudet voivat olla heikommat ja nurkkatolpalla kuormitukset ovat suurempia. Muovilevyn kanssa olisi hyvä tehdä lisäksi murto-testi. Palkin valmistusmenetelmää kannattaa vielä suunnitella paremmaksi, jotta päästäisiin mittatarkkoihin rakenteisiin. Yksi mahdollisuus voisi olla reilumman kokoinen valettu polyuretaanipalkki, josta saadaan halutun kokoinen eristekerrosta leikkaamalla.

## LÄHTEET

1. RT 80-10712. 1999. Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot. Helsinki: Rakennustieto.
2. Heikkinen, Pertti. 2012. Pientalojen riskirakenteet. Opetusdiat. Savonlinna: Insinööritoimisto Savora Oy.
3. TuoteStart raportti. Projekti S00021. Toimenpide 63921. Pvm 1.6.2007. Alajärvi: L.M.K.
4. Kumpulainen, Juha-Pekka – Laukka, Risto. 2012. Raportti valesokkelin korjausmenetelmän kehittämisestä ja kosteusteknisen toiminnan arvioinnista. Oulu: Takotek Oy.
5. Moilanen, Tapani. 2011. 70-luvun pientalon korjausopas. Kuopio: Itä-Suomen yliopisto.
6. Viljanen, Klaus. 2011. Termokorjausmenetelmän lämpö- ja kosteustekninen tarkastelu. Tutkimusraportti. Espoo: Vahanen Oy.
7. Eurokoodi 5. 2011. Puurakenteiden suunnitteluohje. Lyhennetty suunnitteluohje. Kolmas painos. Helsinki: Puuinfo.
8. Hoppu, Tapani 2014. Oulun rakennusvalvonta. Re: Jäykistetyin seinärungon ankkurointi perustuksiin. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Antti Juopperi. 28.2.2014.
9. Hilti FTM ankkurointikäsi kirja. 2011. HKD lyöntiankkuri, yhden ankkurin sovellukset. Saatavissa:  
[https://www.hilti.fi/medias/sys\\_master/documents/h7c/9107574489118/ASSET\\_DOC\\_LOC\\_2413195\\_APC\\_RAW.pdf](https://www.hilti.fi/medias/sys_master/documents/h7c/9107574489118/ASSET_DOC_LOC_2413195_APC_RAW.pdf).
10. Eurokoodi 5. 2010. Sovelluslaskelmat asuinrakennus. Päätyseinän levyjäykistys. Helsinki: Puuinfo.

## LIITTEET

### Liiteluettelo

LIITE 1. Kuormien laskelmat	34
LIITE 2. Kuormituskoe 1, 30 kN	37
LIITE 3. Kuormituskoe 2, 30 kN	38
LIITE 4. Kuormituskoe 3, 30 kN	39
LIITE 5. Kuormituskoe 4, 30 kN	40
LIITE 6. Kuormituskoe 1B, 92 kN	41
LIITE 7. Kuormituskoe 5; 13,5 kN	42
LIITE 8. Kuormituskoe 6; 17,5 kN	43
LIITE 9. Kuormituskoe 7, 20 kN	44
LIITE 10. Kuormituskoe 8, 20 kN, muovin kanssa	45
LIITE 11. Kuormituskoe 9, 25 kN	46



**Kuormien laskelmat**

Päätyseinän viivakuorma katolta Termopalkille (1 / 0,6 m), katon leveys 9,5 m:

- Seinän paino :

Kipsilevy  $900 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 0,013 \text{ m}$

Koolaus  $500 \text{ kg/m}^3 \times 0,05 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}$

Runkopuut  $500 \text{ kg/m}^3 \times 0,125 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 4,3 \text{ m}$

Mineraalivilla  $40 \text{ kg/m}^3 \times 0,55 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$

Tuulensuojalevy  $230 \text{ kg/m}^3 \times 0,6 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 0,02 \text{ m}$

Yhteensä = 0,49 kN

- Päätykolmion (8,6 m<sup>2</sup>, keskikorkeus 0,9 m) paino :

Koolaus  $500 \text{ kg/m}^3 \times 0,025 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 14,4 \text{ m} = 9,9 \text{ kg}$

Runkopuut  $500 \text{ kg/m}^3 \times 0,125 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 14,4 \text{ m} = 49,5 \text{ kg}$

Tuulensuojalevy  $230 \text{ kg/m}^3 \times 0,02 \text{ m} \times 8,6 \text{ m}^2 = 39,6 \text{ kg}$

Ulkovuorilauta  $500 \text{ kg/m}^3 \times 0,025 \text{ m} \times 8,6 \text{ m}^2 = 118 \text{ kg}$

Yhteensä = 2,01 kN

- Yläpaarteen paino (oletetaan, että päätykolmiolle tulee kuormitus 1 m kaistaleelta):

Tiilikate  $45 \text{ kg/m}^2$

Ruoteet  $5 \text{ kg/m}^2$

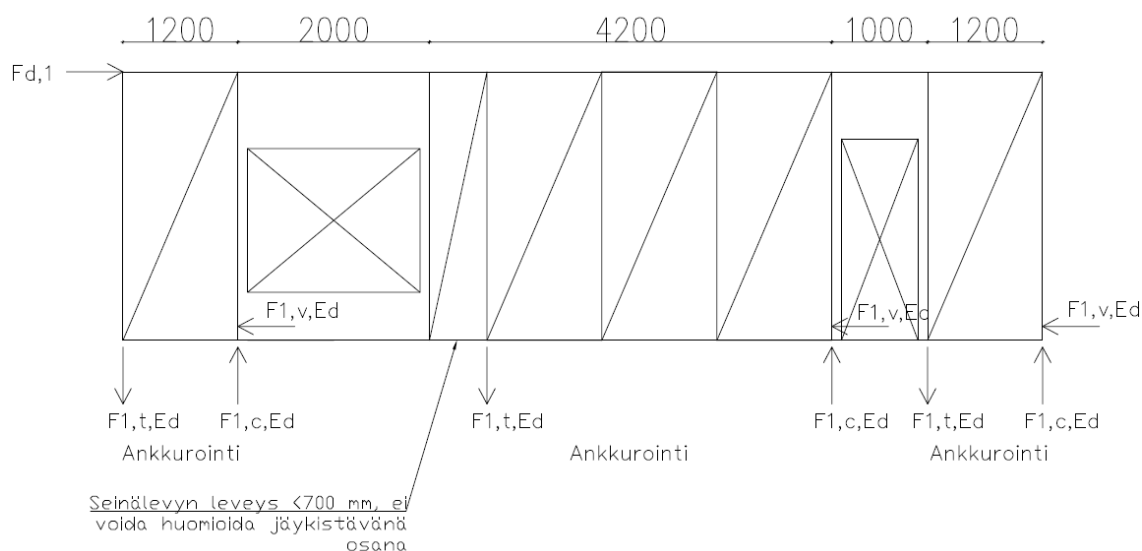
Aluskate  $2 \text{ kg/m}^2$

Yhteensä  $0,52 \text{ kN/m}^2 \times 9,5 \text{ m}^2 = 5 \text{ kN}$

Päätykolmion ja yläpaarteen paino jakautuu tasaisesti päätyseinälle  $\Rightarrow 7,01 \text{ kN} / 9,5 \text{ m} = 0,74 \text{ kN/m} \Rightarrow 0,45 \text{ kN} / 0,6 \text{ m}$ . Tähän lisätään 0,6 m levyisen seinän paino  $= 0,45 \text{ kN} + 0,49 \text{ kN} = 0,94 \text{ kN}$

Tuulenpaineen vaikutus Terpa-palkille EC5 Sovelluslaskelmien: Päätyseinän levyjäykistys mukaan (10):

- Esimerkkitalon mitat ovat 9,6 m leveys, 9,5 m pituus, seinän korkeus 2,8 m, harjan korkeus 1,75 m. Päätyseinät ovat jäykistäviä. Päätyseinä on esitetty kuvassa 14.



**KUVA 14. Tuulenpaineen aiheuttamat voimat esimerkkiseinälohkossa**

- Jäykistävänä levynä on 9 mm tuulensuojavaneri. Vanerit kiinnitetään pyöreillä konenauloilla 2,1x50.
- Tuulen nopeuspaine  $q_k = 0,46 \text{ kN/m}^2$ , kun maastoluokka on III ja rakennuksen korkeus 5m.
- Yläpohjatasoon kohdistuva viivakuorma käyttörajatilassa  $w_{k,1} = 1,25 \times c_f \times q_k(h) \times (a+h/2) = 1,25 \times 1,3 \times 0,46 \text{ kN/m}^2 \times (1,75\text{m} + 2,8\text{m} / 2) = 2,35 \text{ kN/m}$ .
- Seinälohkon minimileveys  $b_1 = h/4 = 2800 \text{ mm} / 4 = 700 \text{ mm} \Rightarrow$  kapeaa 600 mm kaistaletta ei voida laskea jäykistäväksi rakenteeksi.
- Jäykisteseinän kuorma murtorajatilassa  $F_{d,1} = 1,5 \times w_{k,1} \times L/2 = 1,5 \times 2,35 \text{ kN/m} \times 9,6/2 = 16,9 \text{ kN}$ .
- Naulan leikkauskestävyys jäykistävässä levyssä  $F_{f,Rd} = 343 \text{ N}$ , EC 5 esimerkin mukaan
- Naulojen liitinväli  $s=100 \text{ mm}$ , lohkon leveys  $b=1200 \text{ mm}$ .
- $c = 2 \times b / h = 2 \times 1200\text{mm} / 2800\text{mm} = 0,86$  (kaava 7.7)

- Vaakaleikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo  $F_{i,v,Rd} = (F_{f,Rd} \times b \times c) / s$   
 $= (343 \text{ N} \times 1200 \text{ mm} \times 0,86) / 100 \text{ mm} = 3540 \text{ N} = 3,54 \text{ kN}$
- Seinälohkon leikkausvoimakestävyys  $F_{v,Rd} = \sum F_{i,v,Rd} = 5 \times 3,54 \text{ kN} = 17,7 \text{ kN}$  (5 jäykistävää levyä)
- Mitoitusehto  $F_{d,1} \leq F_{v,Rd} \Rightarrow 16,9 \text{ kN} \leq 17,7 \text{ kN}$ . OK, käyttöaste 95% = jäykistys on riittävä
- $F_{1,v,Ed} = F_{1,v,Rd} / F_{v,Rd} \times F_{d,1} = 3,54 \text{ kN} / 17,7 \text{ kN} \times 16,9 \text{ kN} = 3,38 \text{ kN}$
- Seinälohkojen ulkoiset pystyvoimat  $F_{1,c,Ed} = F_{1,t,Ed} = (F_{1,v,Ed} \times h) / b = (3,38 \text{ kN} \times 2800 \text{ mm}) / 1200 \text{ mm} = 7,9 \text{ kN}$
- Vaakavoima  $F_{v,d}$  ankkuroidaan perustukseen liikkumattomaksi. Lyhyellä seinälohkolla  $F_{1,v,Ed} = 3,38 \text{ kN}$  ja pitkällä seinälohkolla  $F_{2,v,Ed} = 10,14 \text{ kN}$

